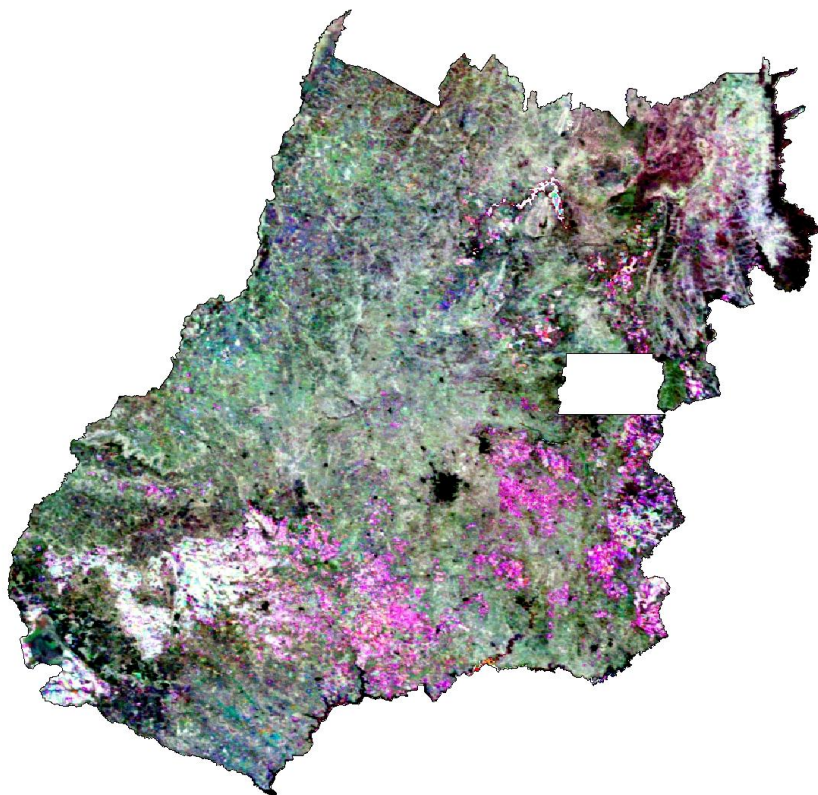


**Monitoramento de processos de
degradação de pastagens a partir
de dados Spot Vegetation**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Monitoramento por Satélite
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 19

Monitoramento de processos de degradação de pastagens a partir de dados Spot Vegetation

Ricardo Guimarães Andrade
Janice Freitas Leivas
Edlene Aparecida Monteiro Garçon
Gustavo Bayma Siqueira da Silva
Daniel Gomes dos Santos Wendriner Loebmann
Luiz Eduardo Vicente
Édson Luis Bolfe
Daniel de Castro Victoria

Embrapa Monitoramento por Satélite
Campinas, SP
2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Monitoramento por Satélite

Av. Soldado Passarinho, 303 – Fazenda Chapadão

CEP 13070-115 Campinas, SP

Telefone: (19) 3211-6200

Fax: (19) 3211-6222

www.cnpm.embrapa.br

sac@cpnm.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Cristina Criscuolo*

Secretária-Executiva: *Shirley Soares da Silva*

Membros: *Bibiana Teixeira de Almeida, Daniel de Castro Victoria, Davi de Oliveira Custódio, Graziella Galinari, Luciane Dourado e Vera Viana dos Santos*

Supervisor editorial: *Cristina Criscuolo*

Revisor de texto: *Bibiana Teixeira de Almeida*

Normalização bibliográfica: *Vera Viana dos Santos*

Diagramação eletrônica: *Shirley Soares da Silva*

Foto de capa: *Sandra Furlan Nogueira*

1ª edição

1ª impressão (2011): versão digital.

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Monitoramento por Satélite

Andrade, Ricardo Guimarães

Monitoramento de processos de degradação de pastagens a partir de dados Spot Vegetation / Ricardo Guimarães Andrade, Janice Freitas Leivas, Edlene Aparecida Monteiro Garçon, Gustavo Bayma Siqueira da Silva, Daniel Gomes dos Santos Wendriner Loebmann, Luiz Eduardo Vicente, Édson Luis Bolfe, Daniel de Castro Victoria. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011.

16 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 19). ISSN 1806-3322.

1. Índice de vegetação. 2. Mapeamento. 3. Sensoriamento remoto. I. Leivas, Janice Freitas. II. Garçon, Edlene Aparecida Monteiro. III. Silva, Gustavo Bayma Siqueira da. IV. Loebmann, Daniel Gomes dos Santos Wendriner. V. Vicente, Luiz Eduardo. VI. Bolfe, Édson Luis. VII. Victoria, Daniel de Castro. VIII. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite (Campinas, SP). IX. Título. X. Série.

CDD 621.3678

© Embrapa, 2011

Sumário

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| Resumo | 4 |
| Abstract | 5 |
| Introdução..... | 6 |
| Material e Métodos | 8 |
| Resultados e Discussão | 11 |
| Conclusões..... | 14 |
| Referências | 15 |

Monitoramento de processos de degradação de pastagens a partir de dados Spot Vegetation

Ricardo Guimarães Andrade¹

Janice Freitas Leivas²

Edlene Aparecida Monteiro Garçon³

Gustavo Bayma Siqueira da Silva⁴

Daniel Gomes dos Santos Wendriner Loebman⁵

Luiz Eduardo Vicente⁶

Édson Luis Bolfe⁷

Daniel de Castro Victoria⁸

Resumo

Este trabalho objetivou realizar o monitoramento de processos de degradação de pastagens plantadas no Estado de Goiás. Foi utilizado produto NDVI (síntese de dez dias) proveniente de imagens Spot Vegetation (VGT-S10) para o período de janeiro de 2006 a setembro de 2011. Os resultados obtidos indicam que em 2008 e 2009 ocorreu parcial recuperação da cobertura vegetal, e que cerca de 27% das áreas de pastagens plantadas no Estado de Goiás sofrem algum processo de degradação. Correlação expressiva foi observada entre os resultados da pesquisa e as áreas estimadas pelo IBGE considerando o processo de degradação a partir do nível moderado ($Slope < - 0,005$). Além disso, cerca de 0,82% das pastagens plantadas no estado foram classificadas como áreas de pastagens em sérios processos de degradação. Apesar dos expressivos resultados, recomenda-se maior controle de campo, utilização de série mais longa de dados NDVI e atualização da máscara de pastagem plantada.

Termos para indexação: Índice de vegetação, mapeamento, sensoriamento remoto.

¹ Engenheiro Agrícola, Doutor em Meteorologia Agrícola, pesquisador na Embrapa Monitoramento por Satélite, ricardo@cnpm.embrapa.br

² Meteorologista, Doutora em Agrometeorologia, pesquisadora na Embrapa Monitoramento por Satélite, janice@cnpm.embrapa.br

³ Geógrafa, Especialista em Geografia Agrária, Analista na Embrapa Monitoramento por Satélite, edlene@cnpm.embrapa.br

⁴ Geógrafo, Mestre em Sensoriamento Remoto, Analista na Embrapa Monitoramento por Satélite, bayma@cnpm.embrapa.br

⁵ Geógrafo, Mestre em Geografia, Analista na Embrapa Monitoramento por Satélite, danielgomes@cnpm.embrapa.br

⁶ Geógrafo, Doutor em Geografia, pesquisador na Embrapa Monitoramento por Satélite, vicente@cnpm.embrapa.br

⁷ Engenheiro Florestal, Doutor em Geografia, pesquisador na Embrapa Monitoramento por Satélite, bolfe@cnpm.embrapa.br

⁸ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciências, pesquisador na Embrapa Monitoramento por Satélite, daniel@cnpm.embrapa.br

Monitoring pasture degradation processes using Spot Vegetation data

Abstract

This work aimed at monitoring degradation processes in planted pastures in the state of Goiás, Brazil. For that purpose, the NDVI product (ten-day synthesis) of Spot Vegetation (VGT-S10) images for the period between January 2006 and September 2011 was used. The results obtained indicate the occurrence of partial recovery of the land cover in 2008 and 2009, and that approximately 27% of the planted pasture areas in the state of Goiás are undergoing some kind of degradation process. An expressive correlation was observed among areas estimated by IBGE and the areas estimated in this work considering degradation processes above the moderate level ($Slope < -0.005$). Besides, about 0.82% of the planted pastures in the state were classified as pasture areas with serious degradation processes. Despite the expressive results, greater field control, the use of a longer NDVI data series, and the update of the planted pasture mask are recommended.

Index terms: Vegetation index, mapping, remote sensing.

Introdução

A questão do monitoramento e da avaliação da mudança de uso e cobertura da terra é fundamental para a modelagem e previsão das interações entre a superfície da terra e a atmosfera.

Variações da cobertura da terra podem surgir como resposta aos riscos naturais (por exemplo, seca, inundações e erosões) ou estresse antrópico (por exemplo, superpastejo, atividade industrial, incêndios etc.) e pode impactar significativamente o clima, o balanço de energia da superfície e o ciclo de carbono (TELESCA et al., 2008).

A caracterização das condições atuais e mudanças na superfície da terra podem ser avaliadas por meio de dados provenientes de sensores a bordo de plataformas orbitais, que fornecem ampla cobertura espacial e temporal. O sensor Spot-Vegetation (SPOT-VGT), que foi lançado em abril de 1998, é uma ferramenta de grande valia para o monitoramento de extensas áreas. Esse sensor oferece cobertura global diária com resolução espacial de cerca de 1 km² e possibilita medições de reflectância de superfície em bandas do visível e do infravermelho. As medições de reflectância são realizadas em quatro bandas do espectro: azul (0,43 μm a 0,47 μm), vermelho (0,61 μm a 0,68 μm), infravermelho próximo (0,78 μm a 0,89 μm) e infravermelho médio (1,58 μm a 1,75 μm) (HUANG et al., 2008).

Tradicionalmente, o monitoramento da vegetação por sensoriamento remoto tem sido realizado a partir de índices de vegetação (LASAPONARA, 2006). O índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) é uma das técnicas mais utilizadas em sensoriamento remoto para estimar a quantidade de vegetação (ROUSE et al., 1973).

O NDVI é obtido por meio das bandas do infravermelho próximo (IVP) e do vermelho (V).

Esse índice é sensível às características biofísicas da vegetação e é um meio importante para o monitoramento das mudanças de uso e cobertura da terra (LIU et al., 2010).

No caso do setor pecuário, um assunto atualmente relevante tanto para a comunidade científica quanto para governantes é a questão da quantificação e do monitoramento espaçotemporal de processos biofísicos relacionados à degradação de pastagens. Esse é um dos aspectos relacionados à sustentabilidade, especialmente dos sistemas pecuários no Brasil Central, pois a recuperação de pastagens degradadas tem sido de difícil implementação e entre os vários fatores destaca-se a falta de informações atualizadas e detalhadas a respeito da distribuição espacial desses ambientes (SANO et al., 2000).

A degradação de pastagens é um processo evolutivo de perda de vigor, produtividade e capacidade de recuperação natural, que torna as pastagens suscetíveis aos efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas invasoras (MACEDO et al., 1993). Estudos recentes mostram que técnicas de sensoriamento remoto são bastante promissoras para o monitoramento do processo de degradação de pastagens tanto em escala local (ABDON et al., 2009) quanto regional (GAO et al., 2006).

Diante do exposto, objetivou-se realizar o monitoramento de processos de degradação de pastagens plantadas no Estado de Goiás a partir de séries temporais do Spot Vegetation.

Material e Métodos

Área de estudo

A área de estudo compreende as pastagens plantadas do Bioma Cerrado no Estado de Goiás (Figura 1). Foi utilizada como referência dos locais de pastagens plantadas a classificação realizada no projeto PROBIO (SANO et al., 2008). Além disso, utilizou-se os dados de pastagens plantadas degradadas obtidos no Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2006).

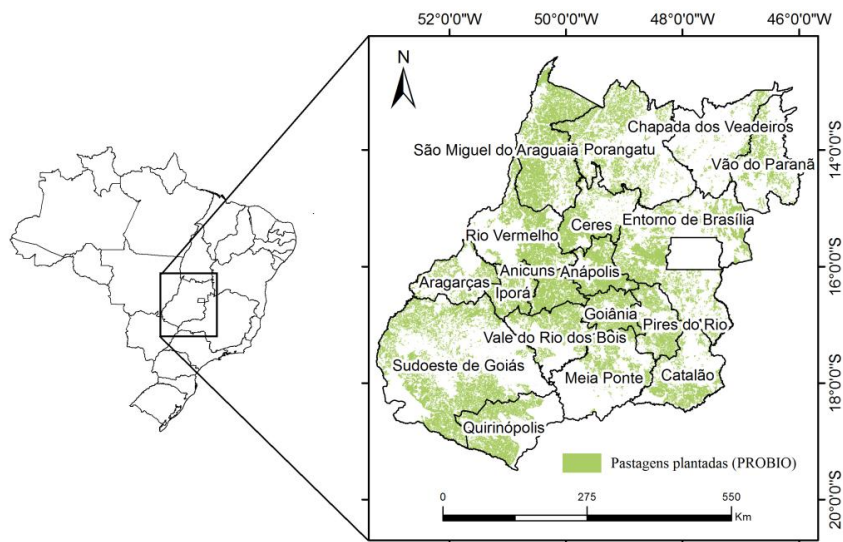


Figura 1. Microrregiões do Estado de Goiás com apresentação da máscara de pastagem plantada obtida no projeto PROBIO.

No presente trabalho, foi utilizado o produto NDVI (síntese de dez dias) proveniente de imagens Spot Vegetation (VGT-S10) para o período de janeiro de 2006 a setembro de 2011. O produto VGT-S10 tem resolução radiométrica de 8 bits. Os dados originais de NDVI (1 km de resolução espacial) são disponibilizados na escala de 0 a 255 (níveis de cinza).

Em seguida, os dados de NDVI da série temporal foram processados na seguinte sequência: pré-processamento dos dados, cálculo da taxa de alteração da série temporal, análise de regressão linear.

A partir da análise de regressão linear, foram definidos valores limiares para determinar o grau de degradação das pastagens.

Para converter os valores de NDVI no intervalo que varia de -1 a +1, aplicou-se a equação (LIU et al., 2010):

$$NDVI = (DN \times 0,004) - 0,1, \quad (01)$$

em que DN é o número digital de cada pixel da imagem. Essa conversão é necessária para que os valores de NDVI sejam trabalhados como grandeza física e, assim, seja possível comparar os dados entre si ao longo da série temporal.

Para avaliar a qualidade dos dados de NDVI foi utilizado o produto Status Map (SM), que atua como filtro, eliminando problemas com nuvens, sombra, entre outros.

Após a realização das correções na série NDVI, os dados apresentaram-se distribuídos no intervalo entre -0,1 e 0,92. Valores de NDVI maiores ou iguais a 0,1 indicam que algum tipo de cobertura vegetal esteve presente (LIU et al., 2010).

A partir dos dados pré-processados, foi calculada a taxa de alteração, que apresenta a variabilidade relativa do valor de NDVI médio anual. O cálculo pode ser realizado por meio das equações (02) e (03) (HUANG et al., 2008):

$$\overline{NDVI} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N NDVI_{ij}, \quad (02)$$

$$V_s = \frac{\overline{NDVI}_{i+1} - \overline{NDVI}_i}{\overline{NDVI}_i}, \quad (03)$$

nas quais: \overline{NDVI}_i é a média do NDVI para o ano i ; $NDVI_{ij}$ é a composição de dez dias do NDVI no intervalo de dias j e no ano i ; n é a série de 36 cenas NDVI (composição de dez dias no período de 1 a 21 de dezembro do ano i); V_s representa a taxa de alteração média anual de NDVI entre dois anos vizinhos. O V_s foi utilizado para avaliar a mudança do NDVI entre anos subseqüentes.

A análise de regressão linear pode ser usada para simular a tendência de mudança de cada *grid*. Stow et al. (2003) adotaram esse método para simular a taxa de alteração do “verdor” (*greenness*) da vegetação. Para cada pixel, a tendência linear de NDVIs máximos anuais durante o período de estudo foi estimada por meio da aplicação da regressão ordinária dos mínimos quadrados, em que *Slope* é o coeficiente de inclinação da linha de regressão ajustada em cada pixel. Se *Slope* > 0, a vegetação está em processo de recuperação; se *Slope* < 0, pode estar ocorrendo algum processo de degradação.

$$Slope = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})(Y_{NDVI_i} - \overline{Y_{NDVI}})}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}, \quad (04)$$

em que: n é igual a 6 devido à utilização de uma série de seis anos de dados NDVI (período de 2006 a 2011); i representa o ano 1 para 2006, ano 2 para 2007 até o ano 6 para 2011; Y_{NDVI_i} é o valor máximo do NDVI no ano i . O *Slope* foi utilizado para avaliar a mudança do NDVI ao longo da série como um todo.

Resultados e discussão

A Figura 2 mostra a variação máxima do NDVI em relação à média para áreas de pastagens plantadas em diferentes microrregiões do Estado de Goiás. Ao analisar os resultados obtidos para o estado como um todo, nota-se que entre os anos 2007/2006 (Vs_2007) e 2010/2009 (Vs_2010) ocorreu maior distribuição espacial de valores de Vs menores que - 0,01. O valor negativo de Vs expressa que o NDVI máximo nos anos de 2007 e 2010 foi inferior à média do ano anterior (2006 e 2009, respectivamente). Além disso, observa-se que a maior distribuição de Vs com valores positivos foi para as estimativas 2008/2007 (Vs_2008) e 2009/2008 (Vs_2009). Nesse período, o índice obtido mostra a ocorrência de relativo incremento da cobertura vegetal nas áreas de pastagens plantadas. Uma das possíveis justificativas pode estar nas condições climáticas menos desfavoráveis (precipitação, temperatura etc.). Assim, o volume precipitado na região do Estado de Goiás pode ter sido mais satisfatório que nos demais anos analisados.

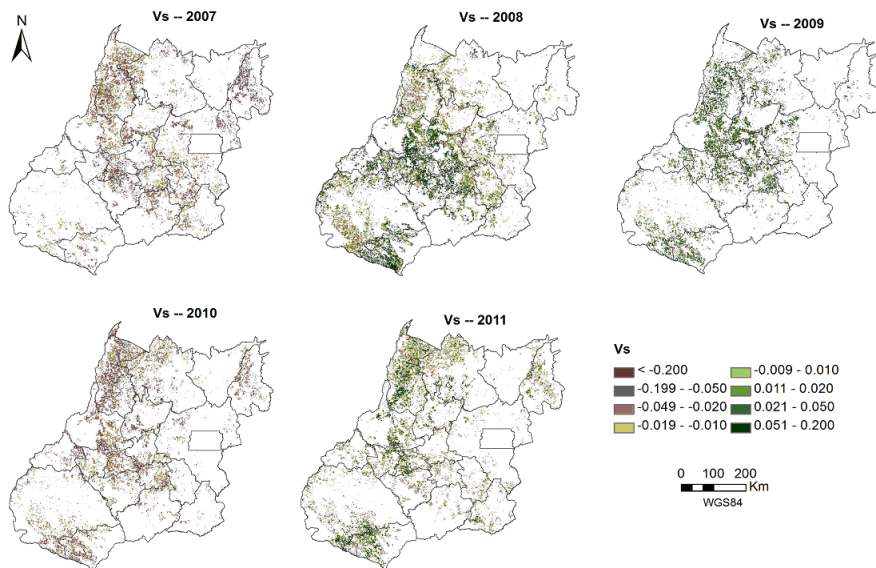


Figura 2. Mudança da distância máxima anual do NDVI em relação à média obtida para áreas de pastagens plantadas nas microrregiões do Estado de Goiás.

A Figura 3 mostra heterogeneidade de condição da cobertura vegetal nas áreas de pastagens plantadas no Estado de Goiás. Conforme aplicação do método proposto por Stow et al. (2003), que se baseia na análise do coeficiente de inclinação da linha de regressão ajustada em cada pixel (*Slope*), as áreas de pastagens que apresentam coeficiente de inclinação (*Slope*) menor que $-0,001$ têm algum nível de degradação. Liu et al. (2010) consideram ligeiramente e moderadamente degradadas as áreas com *Slope* no intervalo de $-0,005$ a $-0,001$ e de $-0,013$ a $-0,005$, respectivamente. Valores de *Slope* menores que $-0,013$ podem ser considerados casos de áreas com sérios processos de degradação da vegetação.

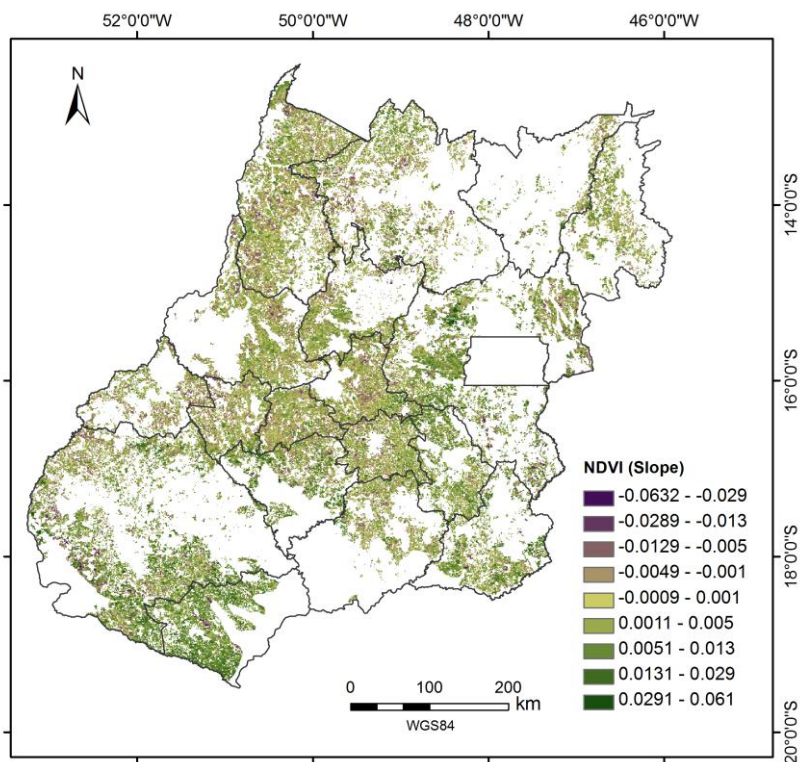


Figura 3. Distribuição espacial do coeficiente de inclinação da linha de regressão ajustada em cada pixel (*Slope*) das áreas de pastagens plantadas nas microrregiões do Estado de Goiás. Estimativas realizadas a partir de dados NDVI do SPOT-VGT para o período de janeiro de 2006 a setembro de 2011.

As estimativas aqui realizadas indicam que mais de 27% (3,5 milhões de hectares) das áreas de pastagens plantadas no Estado de Goiás sofrem algum processo de degradação. Entretanto, porcentagens superiores a 30% foram observadas para as microrregiões de Anicuns, Anápolis, Aragarças, Iporá, São Miguel do Araguaia, Rio Vermelho e Porangatu. A microrregião de Aragarças apresentou a maior porcentagem de áreas de pastagem sofrendo algum processo de degradação (42,6%).

Segundo o IBGE (2006) no Estado de Goiás existe aproximadamente 8% (1 milhão de hectares) de pastagens plantadas degradadas. Tal área é cerca de 3,5 vezes menor que o valor aqui estimado. Porém, boa correlação ($r = 0,88$) é observada quando se comparam as áreas estimadas pelo IBGE com a estimativa que considera o processo de degradação a partir do nível moderado, ou seja, *Slope* menor que $-0,005$ (Figura 4). Nessa condição, o Estado de Goiás tem 8,4% (1,08 milhão de hectares) de pastagens plantadas com nível moderado de degradação ou mais degradadas.

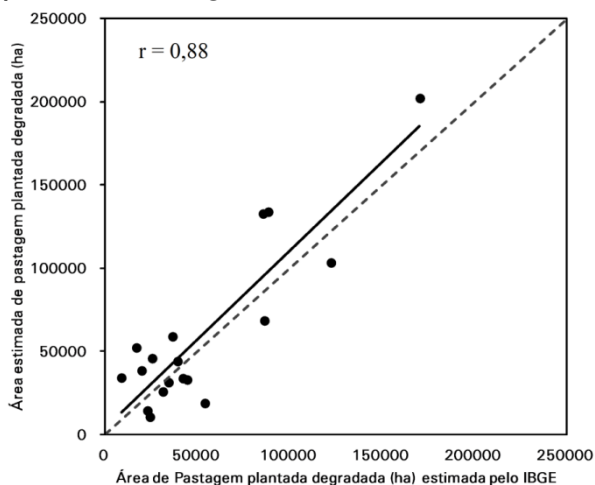


Figura 4. Área de pasto plantado degradado estimada considerando processo de degradação a partir do nível moderado ($< -0,005$) em comparação com área de pasto plantado degradado estimada pelo IBGE (2006).

As microrregiões de Quirinópolis, entorno de Brasília e sudoeste de Goiás apresentaram mais de 2,1% (270 mil hectares) de áreas com pastagens plantadas na condição de séria degradação. No entanto, no Estado de Goiás, cerca de 0,82% (105 mil hectares) da área de pastagens plantadas está sofrendo sérios processos de degradação.

Para melhorar os resultados alcançados neste trabalho, recomenda-se maior controle de campo, utilização de um período mais longo de dados NDVI do Spot-VGT e atualização da máscara de pastagem plantada. Parte das áreas de pastagem classificadas como tal pode ter sofrido modificação ao longo dos anos, sobretudo com retomada de vegetação rasteira (por exemplo, campo cerrado, espécies invasoras), o que denotaria um aumento de NDVI, porém ainda com características de degradação nessas áreas.

Conclusões

Os resultados apresentados permitem concluir que:

1. De forma geral, nos anos de 2008 e 2009 ocorreu recuperação parcial da cobertura vegetal, observada por meio da taxa de alteração média anual de NDVI entre dois anos vizinhos (Vs).
2. Cerca de 27% das áreas de pastagens plantadas no Estado de Goiás estão sofrendo algum processo de degradação. Porém, sete microrregiões do estado apresentaram porcentagens de pastagens plantadas degradadas acima de 30%.
3. Expressiva correlação foi observada entre as áreas estimadas pelo IBGE e as áreas estimadas nesta pesquisa, considerando-se o processo de degradação a partir do nível moderado.

4. Cerca de 0,82% das pastagens plantadas no Estado de Goiás foram classificadas como áreas de pastagens com sérios processos de degradação.
5. Apesar dos expressivos resultados, recomenda-se maior controle de campo, utilização de série mais longa de dados NDVI e atualização da máscara de pastagem plantada.

Referências

- ABDON, M. M.; LUCIANO, A. C. S.; SILVA, J. S. V.; OLIVEIRA, M. S. Classificação de pastagens degradadas nos municípios de Corguinho e Rio Negro, MS, utilizando fusão de imagens CBERS. **Geografia**, Rio Claro, v. 34, número especial, p. 709-720, 2009.
- BRADLEY, B. A.; JACOB, R. W.; HERMANCE, J. F.; MUSTARD, J. F. A curve fitting procedure to derive inter-annual phenologies from time series of noisy satellite NDVI data. **Remote Sensing of Environment**, v. 106, p. 137-145, 2007.
- GAO, Q.; LI, Y.; WAN, Y.; LIN, E.; XIONG, W.; JIANGCUN, W.; WANG, B.; LI, W. Grassland degradation in Northern Tibet based on remote sensing data. **Journal of Geographical Sciences**, v. 16, n. 2, p. 165-173, 2006.
- HUANG, F.; WANG, P.; LIU, X. N. Monitoring vegetation dynamic in Horqin sandy land from spot vegetation time series imagery. In: THE INTERNATIONAL ARCHIVES OF THE PHOTOGRAMMETRY, REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES, 37., Part B7, 2008, Beijing. **Proceedings...** Beijing: ISPRS, 2008. p. 915-920.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/agropecuario.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2011.
- LASAPONARA, R. Estimating interannual variations in vegetated areas of Sardinia island using SPOT/VEGETATION NDVI temporal series. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 3, n. 4, p. 481-483, 2006.

LIU, S.; WANG, T.; GUO, J.; QU, J.; AN, P. Vegetation change based on SPOT-VGT data from 1998-2007, northern China. **Environmental Earth Sciences**, v. 60, p. 1459-1466, 2010.

MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B.; OLIVEIRA, M. P. Seasonal changes in the chemical composition of cultivated tropical grasses in the savannas of Brazil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Rockhampton. **Proceedings...** Palmerston North: New Zealand Grassland Association, 1993. p. 2001-2002.

NUMATA, I.; ROBERTS, D. A.; CHADWICK, O. A.; SCHIMEL, J.; SAMPAIO, F. R.; LEONIDAS F. C.; SOARES, J. V. Characterization of pasture biophysical properties and the impact of grazing intensity using remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v. 109, n. 3, p. 314-327, 2007.

ROUSE, J. W.; HAAS, J. A.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES. TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington, D.C. **Proceedings...** Washington, D. C.: NASA. Goddard Space Flight Center, 1973. v. 1, p. 309-317. (NASA SP-351).

SANO, E. E.; CHAVES, J. M.; BEZERRA, H. S.; FEITOZA, L. Identificação dos principais tipos de pastagens cultivadas do Cerrado a partir de sensoriamento remoto. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM: soil functioning under pastures in intertropical areas, 2000, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Cerrados; IRD, 2000. 1 CD-ROM.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 153-156, 2008.

STOW, D.; DAESCHNER, S.; HOPE, A.; DOUGLAS, D.; PETERSEN, A.; MYNENI, R.; ZHOU, L.; OECHEL, W. Variability of the seasonally integrated normalized difference vegetation index across the north slope of Alaska in the 1990s. **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, n. 5, p. 1111-1117, 2003.

TELESCA, L.; LASAPONARA, R.; LANORTE, A. Intra-annual dynamical persistent mechanisms in mediterranean ecosystems revealed SPOT-VEGETATION time series. **Ecological Complexity**, v. 5, p. 151-156, 2008.



Monitoramento por Satélite

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO E PAÍS SEM POBREZA